# Die physiologischen
# Leistungen des Blutdrucks.

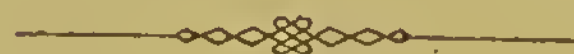
Ein Vortrag

von

Prof. C. Ludwig

gehalten beim Antritt des Lehramts zu Leipzig

am 1. Mai 1865.



Leipzig
Verlag von S. Hirzel.
1865.

In der Schaar, welche wehmüthig auf glücklichere Tage hinsieht, die unwiederbringlich entschwunden sind, nimmt der Verehrer unserer Wissenschaft nicht die letzte Stelle ein. Wie stand es auch um den Physiologen noch anders, als er theilnahmsvoll die Lebenskraft in den Kampf mit den chaotischen Naturgewalten begleitete und dort ihre Schmach und ihren Ruhm mitempfand; wie war sein künstlerischer Sinn entzückt, wenn vor sein inneres Auge das Walten der Naturseele trat, die mit ihrem freien und ewig klassischen Bildungstrieb den organischen Stoff bald zum Infusorium und bald zum Menschen formte und die Kluft, welche beide trennt, durch tausend und aber tausend Stufen erfinderisch ausfüllte. Wie ruhte der schaffende Physiolog vergangener Jahrzehente sicher auf den Schwingen seines eigenen Geistes, er bedurfte keines Handwerkszeuges und keiner mühseligen Technik.

Unsere speculativen Tage haben den schönen Traum zerstört; die Physiologie ist mit Bewußtsein in den Kreis der Mechanik getreten, wo das strenge Gesetz herrscht und wo die unerbittliche Logik der Bedingungen den Gang der Atome regelt; wir aber, die mühebeladenen Diener der Wissenschaft, haben uns mit tausend Waffen gerüstet, um der flüchtigen Erscheinung des Lebens nachzujagen, und sinnend suchen wir aus ihr den feinen Mechanismus des Lebens zu begreifen. Wenn uns endlich die Palme gereicht wird, wenn wir ein Organ in seinem Zusammenhang begriffen, so wird unser stolzes Gattungsbewußtsein durch die Erkenntniß niedergedrückt, daß der menschliche Erfinder ein Stümper gegen den unbekannten Meister der thierischen Schöpfung sei. Denn wo sich der Mensch mit ihm

an gleichen Problemen mißt, da bleibt er zurück wie das Fernrohr gegen das Auge, und wie der Lakmusstreifen gegen die Zunge. — Und wenn nun gar Alles schon einmal klar gewesen, warum mußte es sich noch einmal für uns verdunkeln?

Doch mit dem Verlust kam auch der Trost. Als unsre Wissenschaft sich des poetischen Gewandes entkleidete und auf den Boden der Wirklichkeit trat, weckte sie die Hoffnung, daß wir durch sie für das leibliche Wohl der Menschheit Großes leisten können. Wir erwarten mit Zuversicht, daß es uns an ihrer Hand gelingen werde, Kraft und Gesundheit nicht bloß dem Cavalier, sondern jedem Stande und jeder Berufsart, welche der entwickeltsten Cultur nothwendig ist, zuzuführen. Würden wir in der That die Bedingungen finden, durch welche die Nerven und Muskeln des Menschen trotz angreifender Arbeit sich stetig und kräftig erhielten, durch welche jedes Organ dem Gewerbe zum Trotz zu schützen sei, dem es heute als Opfer fällt, so würde es dem Staatsmann möglich sein, der Gesellschaft Bahnen anzuweisen, durch die nicht Wenige auf Kosten von Tausenden zu den besten Genüssen des Lebens gelangten, sondern wo jeder in der Arbeit für das Wohl des Nächsten sich selbst beglückte. Mit dieser Absicht tritt die Physiologie neben ihre Eltern, die Physik und Chemie, und bietet wie jene der Wissenschaft ihre Hilfe, welche den Leib zum gefügigsten Werkzeug des Geistes zu machen strebt.

Im Bewußtsein dieser großen und sittlichen Aufgabe geht der Physiolog den mühsamen Weg, welchen die Vorwissenschaften ihm eröffneten; wir selbst sind nicht vermögend, uns Anfänge und Grundlagen zu schaffen, denn leider verschränkt sich im organischen Leben das Heer der Bedingungen wie die Zweige im Urwald, so daß erst da ein Eingang möglich, wo die Schärfe der Physik den Weg gelichtet. — Und wenn uns der Zutritt geöffnet, dann hemmt den Fortschritt die zarte Anordnung der Kräfte, da schon der ge-

ringste Wechsel der Temperatur und Elastizität, die kleinste Verletzung der Form und Zusammensetzung überall für den Organismus folgenschwer sind. Niemand wird dieß bestreiten, der den Physiologen Schritt um Schritt dem Physiker und Chemiker nachfolgen sieht, und der in unsren Laboratorien das Mikroskop neben dem Multiplicator, die Thermosäule neben dem Tertienchronometer gewahrt.

Dieser Zustand der Dinge erklärt es, warum uns bisher die Chemie weniger nahe trat als die Physik, und warum die verschiedenen Theile der physikalischen Gesundheitslehre erst allmählig und in dem Maße hervortreten, in welchem sich die Zweige ihrer Urwissenschaft entwickeln, an die sie sich anlehnen. Darum steht allen anderen voraus die physiologische Optik und darum tritt noch in die hinteren Reihen die physiologische Hydraulik. —

Wenn ich trotzdem heute Ihre Aufmerksamkeit auf die letztere richte, so kann ich dieses nur entschuldigen durch die Vorstellung, welche ich von ihrer praktischen Bedeutung hege. — Das Stück hydraulischen Lebens, welches ich vorführen will, bezieht sich auf den Strom des Blutes, insbesondere aber auf seinen Seitendruck.

Verfolgt man die Entwickelung der Lehre vom Blutdruck, so sieht man, daß die Anfänge seiner Erkenntniß nicht zugleich mit der Entdeckung des Kreislaufs auftreten. Die neue Charakteristik, welche Harvey dem Blutstrom ertheilte, galt nur dessen Richtung, indem er durch eine eminente Versuchsreihe bewies, daß der Strom in geschlossener Bahn vom Herzen kommt und zum Herzen geht. Es ist bezeichnend für die Anschauungsweise der damaligen und der späteren Zeit, daß sie den Tag dieser Entdeckung als die Grenzscheide zweier Epochen ansah und daß ihr Glanz andere nicht minder wichtige Erfahrungen in den tiefsten Schatten setzte. Man kann Harvey und sein Werk mit Bewunderung betrachten und dennoch meinen, daß jene Schätzung sehr übertrieben sei, insbesondere dann, wenn man wie billig den praktischen Standpunkt mitreden läßt.

Der augenfällige Beweis für die geringe Fruchtbarkeit der gewonnenen Einsicht liegt in der kleinen Zahl von theoretischen Ableitungen und praktischen Anwendungen, die sich auf sie gründen. Um so zahlreicher waren die Luftgebilde, welche man von nun an dem Blutstrom anvertraute, der sie geduldig nach allen Richtungen durch den Organismus trug.

Die Frage, ob das bewegte Blut dem Leben ähnlich diene, wie die Ströme und Bäche dem Kunstfleiß des Menschen, konnte nicht einmal auftauchen, so lange man nicht die entfernteste Vorstellung von dem Maß der Kräfte besaß, welche dem Blutstrom eigen sind. Den ersten Schritt hiezu that Hales, als er messend darlegte, daß das arterielle Blut einen mächtigen Druck gegen die Wand der Röhren ausübt, in denen es sich bewegt. Die Zahlen, welche Hales gefunden, erregten das Staunen der Mitwelt, aber leider auch nur dieses. Erst lange nach ihm nahm Young den Faden der Untersuchung auf, er zeigte durch eine auf die Erfahrungen der Hydrauliker gegründete Ableitung, daß der Druck, welchen das Blut in dem Beginn der größeren Stämme besitzt, sich ohne merklichen Verlust bis in die Zweige niederer Ordnung erhalten müsse. — Young's Resultate, so wichtig sie waren, blieben wie manche andre Arbeit dieses großen Gelehrten lange unbeachtet. Das Schicksal, welches Young auf diesem Gebiete erfuhr, scheint weniger aus einem Vorauseilen vor seiner Zeit, als vielmehr daraus erklärlich, daß den theoretischen Schlüssen der Beweis durch das physiologische Experiment fehlte. Diesen selbst brachte später Poiseuille, der sich um den Blutdruck noch weiter dadurch verdient machte, daß er uns genauere Vorstellungen über die Reibung des Bluts verschaffte, und nicht minder dadurch, daß er zeigte, wann sich die Bewegung der Blutscheiben unabhängig von der der Blutflüssigkeit stellt. Die wissenschaftlich thätige Zeit, in deren Beginn die

Untersuchungen Poiseuille's fielen, ließ die Anregung, die er gegeben, nicht wieder verhallen. Die nächsten zwei auf Poiseuille's erste Mittheilung folgenden Dezennien haben zahlreiche Untersuchungen an das Licht gefördert; es haben Viele, vor Allen Volkmann, wichtige Thatsachen entdeckt, aber keiner der vielen Beobachter hat das Band gefunden, welches die Einzelheiten zur Theorie verknüpft. Gefunden ward es endlich durch einen Mann, den wir mit Stolz den unsern nennen, durch E. H. Weber. Bemerkenswerth genug er hat nie ein Manometer in den Strom des lebenden Thiers gesetzt, dafür aber hat er, tiefer als wir andern, die Eigenthümlichkeiten des bewegten Wassers durchschaut, als er die Wellenbewegung erforschte. Aber auch er erreichte den Höhepunkt seiner Leistungen nicht auf einmal. Jahre lang waren seine Gedanken auf den Blutstrom gerichtet, dafür zeugen seine Programme, bevor er seine Anschauung zur höchsten Allgemeinheit erhob; alsdann aber ließ er uns klar erkennen, wie weit die Blutmenge, wie weit der Gesammtraum einer jeden der drei großen Gefäßprovinzen und ihre Vertheilung in einzelne Röhren und endlich wie die Eigenschaften der Gefäßwand die Werthe des mittleren Drucks vom Herzen bis wieder zum Herzen bestimmen. Uebersieht man die Größe dieser Leistungen, dann tritt man seinen Vorgängern nicht zu nahe, wenn man behauptet, daß E. H. Weber in diesem Gebiete das Größte geleistet habe.

Durch diesen Erwerb wurde die Richtung bestimmt, welche von nun an die Forschung zu betreten hatte. Webers Untersuchungen hatten bloßgelegt, daß der Stromdruck vorzugsweise innerhalb der Capillaren zum Verschwinden kommt. Insofern nun die bedeutende Arbeit, welche das Herz auf das Blut überträgt, dem thierischen Leben überhaupt zu Gute kommt, mußte dieses durch die Einrichtungen geschehen, welche den Capillaren angehören. Darum lehrte sich die Aufmerksamkeit diesem kleinsten,

aber wichtigsten Gefäßabschnitte mit klarerem Bewußtsein als früher zu.

Wer dem Strome auf dieses Gebiet folgen wollte, mußte zunächst an sich die Frage richten, ob die Mittel, welche ihm die Hilfswissenschaften gewähren, auch eine Aussicht auf einen erklecklichen Erfolg sichern. Mit den Methoden, die wir bis dahin kennen, sind directe Messungen nicht ausführbar, und doch bedurften dieselben, wenn sie werthvoll sein sollten, einer mikrometrischen Genauigkeit. Der Durchmesser der Ströme ist außerordentlich gering, und ebenso unbedeutend sind darum die Kräfte, welche auf jedem einzelnen Stromquerschnitt entwickelt werden; die Wandungen der Gefäßchen sind so nachgiebig, ihr Inhalt so veränderlich, daß jedes bekannte Verfahren der direkten Messung größere Umgestaltungen des Stromlaufs hervorrufen muß, als die sind, durch welche der Capillarenstrom im gewöhnlichen Verlauf des Lebens seine funktionelle Bedeutung gewinnt. Wir sind deßhalb zunächst darauf beschränkt, die Veränderungen des Druckes nach Ort und Zeit zu erschließen aus einer Combination der anatomischen Einrichtungen und der hydraulischen Erfahrungen. Diese können aber unmöglich scharf treffen, denn die hydraulischen Erfahrungen haben bekanntlich noch zu keiner Theorie geführt, und sie sind, selbst soweit sie uns interessiren, noch vielfach unbestimmt. Das was wir über die Druckänderung eines Stromes wissen, wenn er seinen Durchmesser vergrößert oder verringert, wenn er seine Geschwindigkeit ändert u. s. w., kann uns darum nur als ein Fingerzeig von Werth sein, wenn uns eine genaue anatomische Untersuchung über die Formen des Strombettes und seine Veränderlichkeit durch den Druck aufgeklärt hat. Es bedarf kaum der Bemerkung, daß auch diese Seite unsrer Erkenntniß noch lückenhaft genug ist, da wir weit davon entfernt sind, die Feinheiten der veränderlichen Dimensionen eines Strombettes mit Sicherheit auf-

zufassen. Wie viele Eigenthümlichkeiten der Blutbewegung werden uns also verborgen bleiben, selbst wenn eine Theorie erlaubte, sie aus den eben hingestellten Bedingungen zu erschließen. Wo aber die Anatomie und die Hydraulik den Schluß gestatten, da wird er doch nur dann als vollgültig zu betrachten sein, wenn er sich noch anderweitig bestätigen läßt. Insofern man, wie es häufig der Fall, gar nicht auf eine Bestimmung der Flüssigkeitsbewegung selbst, sondern nur auf die Messung der geleisteten Arbeit ausgeht, und insofern man sich bei der Auswerthung des Drucks im Blutstrom selbst nur auf eine Schätzung seines Mehr oder Weniger beschränken will und darf, wird man controllirende Versuche öfter ausführen können.

Die Kennzeichen, um nicht zu sagen Maßstäbe, durch welche eine Aenderung des Drucks festzustellen ist, bestehen in der Farbe, Härte, Ausdehnung eines Organs oder Organtheiles; dann aber auch in der leicht meßbaren Spannung und Geschwindigkeit, welche gewissen Flüssigkeiten eigen sind, die unzweifelhaft aus den Blutgefäßen filtriren, insbesondere der Lymphe, des Harns, des Augenwassers u. s. w. — Ueber die Leistungen, sei es die des Herzens überhaupt oder nur die einer einzigen Blutbahn, geben öfter genügenden Aufschluß die Aenderungen, welche wir künstlich am lebenden Strom im Herzen oder in Arterien und Venen anbringen; es ist darum unserer Einsicht sehr förderlich gewesen, daß sich die Mittel zur Erzeugung derselben so beträchtlich vermehrt haben.

Oft treten helfend und ergänzend Stromversuche ein, die man mit einem künstlich herbeigeführten Druck an den ausgeschnittenen Organen eines eben getödteten Thieres ausführt; sie dienen nicht allein dazu, um den Einfluß zu prüfen, den gewisse Gefäßeinrichtungen auf den Lauf der Flüssigkeit ausüben, sondern sie geben auch Winke über die Arbeiten des Stroms selbst.

Wenn man die vielfachen Gewinne bedenkt, die man aus der

Beobachtung am todten Organ erhalten kann, so könnte man meinen, daß sie den Versuch am lebenden entbehrlich machten. Leider vermögen sie es nicht. Denn im Blutstrom helfen viele Bedingungen, welche nur im Leben wirksam sind; ihretwegen ist es nothwendig, so oft als möglich das lebende Thier selbst zu benützen. Darin liegt also der Grund, warum der physiologische Hydrauliker seit Harvey's Zeit sich so häufig der Vivisection bedient. Hier wie in so vielen anderen Zweigen der Physiologie fußt die Möglichkeit des Fortschritts neben Anderm wesentlich auch auf der Beobachtung des lebendigen Thieres. Wer darum nicht auf die Vortheile der Erkenntniß verzichten will, muß das falsche Mitleid bewältigen, das ihn bestimmt, das Thier zu schonen, damit die unerbittliche Naturgewalt den hilflosen Menschen verderbe.

Indem ich zu dem Blutdruck in den einzelnen Gefäßgauen übergehe, unterlasse ich begreiflich eine Schilderung der Verhältnisse, durch welche an jedem einzelnen Orte der Strom seine Eigenschaften gewinnt. Denn ich würde heute mein Recht mißbrauchen, wollte ich mehr thun als die vielfältigen Leistungen aufzählen, welche die hydraulische Maschine des thierischen Körpers zu erfüllen vermag.

Eine einfache, aber darum nicht weniger folgenschwere Wirkung übt der Blutdruck dadurch, daß er gleichzeitig alle Theile eines Organes in Spannung versetzt. Vorzugsweise wird dieses da geschehen, wo das Blut in einen Behälter tritt, der immer oder zeitweilig von starren Wandungen umschlossen ist. In dieser Abhängigkeit vom Blutstrom finden sich die verschiedensten Theile des Organismus; ich nenne hier nur das Hirn, die Knochenhöhlen, das Auge, die Schwellkörper.

In das Hirn, welches von dem unnachgiebigen Schädel umfaßt wird, strömt das Blut durch weite Oeffnungen mit variabler Geschwindigkeit aus und ein. Dem entsprechend ändert sich, wie es auch die Druckmessung darthut, die Spannung des Hirns in kurzen Zeiten merklich. Jede solche Aenderung, selbst wenn sie nur wenige

Millimeter Quecksilberdruck beträgt, wird sogleich von den Nervenmassen als positiver oder negativer Reiz empfunden, und da im Hirn Nervenstücke zusammengedrängt sind, welche die verschiedenartigsten Vorgänge anregen, so ist es begreiflich, daß jede Druckänderung in der Schädelhöhle sich auf die mannigfaltigste Weise offenbart. So ist die anregende Kraft, welche unser Wille besitzt, nur dann im Stande, die unterthänigen Nerven mit Sicherheit zu lenken, wenn der Druck ein bestimmtes Maß innehält. Jede Verminderung, jede Vermehrung unter und über dasselbe erzeugt eine Störung der willkürlichen Acte; da der Blutdruck sich das eine Mal zum Willensreiz addirt und ihm das andere mal Widerstand leistet. — Auch die unwillkürlichen Bewegungen des Brustkastens, des Herzens und der Gefäßwand stehen unter der Herrschaft des Blutdrucks im Hirn. Am bestimmtesten und einfachsten wirkt er auf das tonische Organ, in welches ein Theil des Nervenstamms einmündet, welcher unter dem Namen des herumschweifenden bekannt ist. Dieses empfindet, wie es scheint, den steigenden Druck niemals als Hemmung, sondern immer als Erregung, und grade dadurch ist das Hirn im Stande, innerhalb weiter Grenzen seinen Blutdruck selbst zu regeln; denn nach der bemerkenswerthen Entdeckung von Eduard Weber besänftigt die steigende Erregung des herumschweifenden Nervenstammes den Herzschlag und also auch den überflutenden Hirnstrom.

Der Blutstrom, welcher dem Auge seine Temperatur und den chemischen Bestand seiner Flüssigkeiten sichert, wird daneben noch benutzt, um seinen brechenden Mitteln eine bestimmte Spannung und Lage, seiner Nervenhaut eine gleichmäßige Ausbreitung zu ertheilen. Dies alles muß aber mit der höchsten Sorgfalt gewahrt bleiben, wenn das Sehen nicht tausendfach leiden soll. Deshalb darf man es wohl als ein mechanisches Wagstück ansehen, daß das Auge aus dem pulsirenden Herzen seine Spannungsmittel empfängt und daß es dieselben in den beweglichen Brustkasten zurücksendet. Aber die

schwierige Aufgabe ist mit unnachahmlicher Sauberkeit und Schärfe gelöst. Setzt man ohne Verlust eines Tröpfchens von Flüssigkeit einen Druckmesser in die vordere Augenkammer und erzeugt darauf beträchtliche Aenderungen in der Schlagfolge des Herzens und in der Blutmenge, die es ausschickt, so sieht man dennoch den Druckmesser auf einem unveränderlichen Stande verharren; erst dann, wenn der Herzschlag längere Zeit still gestanden, beginnt das Sinken des Drucks.

Die Einrichtungen, wodurch das Blut im Auge eine unveränderliche Spannung annimmt, trotzdem daß sie vor demselben schwankt, dürften nicht allein in den engen und langen Ciliararterien, in ihrer collateralen Verbindung mit zahlreichen andern Gefäßen und namentlich denen der Augenmuskeln liegen; nachweislich gewährt einen nicht minderen Nutzen für die Gleichmäßigkeit des Blutstromes die pralle Füllung des Auges mit Wasser, dessen Menge, wie wohl zu beachten, sich nach dem Unterschiede der Spannungen innerhalb der Binnengefäße des Bulbus und denjenigen in den Augenhäuten selbst richtet. Vielleicht endlich lösen auch die Spannungsempfindungen des Auges Reflexe in den Theilen des Sympathicus aus, welche den Durchmesser der Ciliargefäße vermindern.

Im geraden Gegensatze zu Auge, Knochen und Hirn stehen die Schwellkörper; denn hier treten die Drucksteigerungen in unregelmäßigen und großen Perioden auf, und jede Erhöhung der Spannung ist von einer bedeutenden Formveränderung begleitet. Diese eigenthümliche Verwendung des Blutdrucks war nur dadurch zu erreichen, daß sich in der Wand der Zu- und Abflußkanäle vielfache Mittel häuften, durch welche gegensätzlich bald der Zufluß und bald der Abfluß vermehrt und vermindert wurde, und daß zugleich auch das Gefäßwerk im Schwellkörper den Strom um so mehr hemmt, je reichlicher er aus den Arterien zufließt.

In einer großen Reihe von anderen Gefäßabschnitten erwirkt der

Blutdruck keine Spannung der Umgebung, er erzeugt nur eine solche in der Gefäßwand. Wo dieses eintreten soll, da muß die Masse leicht ausweichen, welche das Gefäß von außen umschließt; dann aber finden die flüssigen Stoffe, welche durch den Blutdruck in die Poren der Gefäßwand gepreßt werden, von außen keinen Widerstand und sie filtriren in die Umgebung. Dieser Filtrationsstrom wird ein dauernder, wenn der flüssige Blutstoff, der das Gefäß verlassen, unter mäßigem Widerstande abfließen kann. Einrichtungen dieser Art sind vor Allem gegeben in der Niere, dem Hoden, der Leber, in dem Flechtwerk aus Bindegewebe und theilweise in den nervösen Centralorganen. Je nach der Oertlichkeit und je nach andern Umständen, die nur bedingt vom Blutdruck abhängig sind, besitzt die ausgetretene Flüssigkeit chemische Besonderheiten, die wir durch die Namen Harn, Lymphe, Hirnwasser u. s. w. andeuten. — Der Beweis dafür, daß der Blutdruck die Ursache ist, warum sich die Flüssigkeiten aus dem Gefäßraum bewegen, liegt weniger darin, daß in gewissen Grenzen die Geschwindigkeit ihres Austritts, oder wie man gewöhnlich sagt, die Geschwindigkeit der Absonderung proportional dem Drucke wächst, als vielmehr in dem Umstande, daß jene Absonderung vollkommen stockt, wenn der Druck bei steter Fortdauer des Blutstroms unter eine gewisse Grenze herabsinkt. Demnach kann der Mechanismus, welcher das Hervortreten der Flüssigkeit besorgt, in keiner Weise verglichen werden mit jenem, durch welchen die Wärme oder die Gase aus dem Blute entweichen.

Der Druck bestimmt aber nicht allein die Menge der hervortretenden Flüssigkeit, er wirkt unzweifelhaft auch auf den uns noch unbekannten Vorgang, welcher die chemischen Eigenschaften des Abgesonderten bedingt. Denn an den genannten Orten ändert sich nachweislich seine Zusammensetzung mit der Variation des Druckes.

Leider können wir heute noch nicht erörtern das Eingreifen des Drucks in die chemische Einrichtung der Gefäßwand und ihrer Um-

gebung; für diesen Verlust werden wir einigermaßen entschädigt durch die Einsicht, die uns in den Lauf jener Flüssigkeiten gestattet ist.

Nachdem die Flüssigkeit auf die äußere Fläche der Gefäßwand ergossen ist, verweilt sie dort nicht lange; die Ursache ihrer Fortbewegung ist abermals der Blutdruck, dieses ist offenbar, weil die Ausscheidung von Flüssigkeit so lange dauern muß, als die Spannung im Gefäß die um dasselbe übertrifft. Während der Zeit, in welcher diese Ausgleichung angestrebt wird, muß das jüngere Tröpfchen die älteren vor sich hertreiben, und dieses wird so lange möglich sein, als ein Ort niederer Spannung besteht, wohin das Abgesonderte ausweicht. In der That beschränken sich für gewöhnlich die Mittel, welche dem Blutdruck bei der Fortbewegung des Filtrates Hilfe leisten, auf die Wegräumung von Widerständen und auf eine Gliederung der Spannungen. Beides ist durch besondere Anordnungen der elastischen Massen erreicht, so z. B. durch die zunehmende Dehnbarkeit der Cutismaschen von den blutgefäßreichen bis zu den blutgefäßarmen Schichten, von der sogenannten Basalmembran bis zu dem Unterhautbindegewebe, dann durch die Kapseln der Drüsen, die Fascien der Muskeln u. s. w. Nur an einigen, aber ganz besonderen Stellen ist um den Strom der filtrirten Flüssigkeit noch eine Muskelschicht gelegt, die sich analog dem Blutherzen verhält, so namentlich um den Ureter und um die Lymphwurzeln in der Schleimhaut des Darmkanals, vor allem der Zotten. Diese ertheilen der Flüssigkeit allerdings näher oder entfernter von ihrem Entstehungsort pausenweise eine neue Beschleunigung, aber bis zu ihnen hin hatte der Blutdruck allein die Fortbewegung vollführt.

Nach dieser Erörterung muß unzweifelhaft eine Abhandlung, welche die Arbeiten des Blutdrucks erschöpfen will, auch eine Betrachtung jener Tochterströme in sich schließen. Zu welchen endlosen Bemerkungen würde uns aber schon allein eine kürzeste Verfolgung des Lymphstromes führen.

Die Kräfte, welche die Absonderung der Lymphe bedingen, insbesondere also der Blutdruck und die ihm entgegenwirkenden Spannungen, sind nach Raum und Zeit sehr veränderlich, und ein Gleiches gilt von der Fortbewegung des Stroms in seinem unregelmäßigen und vielgestaltigen Bette. Fast könnte es scheinen, als ob es sich kaum der Mühe lohne, die zahllosen Schwierigkeiten, die unseren Betrachtungen entgegenstehen, zu überwinden; aber die Gleichgültigkeit der Stimmung verschwindet sogleich, wenn man erwägt, wie mannigfaltige Folgen von den Aenderungen des Lymphstromes abhängen.

Zuerst ist schon die Wichtigkeit der Lymphe überhaupt zu bedenken. Sie durchtränkt die festen Gewebe mit Flüssigkeit und giebt das Mittel sowohl zur Einleitung, als auch zur Unterhaltung der Diffusion, mit einem Worte, sie stellt den Beitrag dar, den der flüssige Theil des Blutes zur Ernährung der Gewebe liefert. Jede Aenderung in den Bedingungen des Lymphstromes wird also auch das Leben der Organe oder Gewebe ändern. Statt vieler sei es mir erlaubt, nur einige wenige Beispiele vorzuführen.

Wenn sich in der Haut unter dem Einfluß der Luftwärme der Blutstrom steigert und darum auch die Lymphabsonderung mehrt, so ist es ihr Wasser, welches den gesteigerten Ansprüchen an die Verdunstung Genüge leistet. — Während und nach der Zusammenziehung wächst in den Muskeln auch die Ausdehnung und Kraft des Blutstroms und dann quillt auch die Lymphe reichlicher hervor, ihr Alkali stumpft die entstandene Säure ab und hebt rascher, als es das sparsam verbreitete Blut vermöchte, die Ermüdung auf. — Der umfangreiche Erguß von Lymphe, der während der Verdauung in die blutgefüllten Häute des Darmkanals geschieht, schützt jeden Ort vor störenden Aenderungen in der chemischen Zusammensetzung, beschleunigt die Diffusion in die Lymphräume und den Uebertritt der aufgenommenen Stoffe in die cylindrischen Lymphgefäße.

In den Organen, die wir soeben ins Auge faßten, wuchs gleichzeitig mit der Mächtigkeit des Blutstroms auch die Menge ihrer Lymphe. — Aber es fehlen auch die Orte nicht, wo die Lymphbildung wächst, wenn sich der Blutstrom schwächte. In allen unnachgiebig umschlossenen Höhlen ist bei allen Drücken die Summe des Raumes constant, welchen Blut und Lymphe zusammen einnehmen. Danach kann im Hirn und den Knochenhöhlen die Lymphmenge nur dann zunehmen, wenn ihr Blutgehalt geringer geworden, und somit kann ein breiterer Lymphstrom des Hirns nur bei erniedrigtem Blutdruck entstehen. Ob aber dieser Strom auch ein rascherer wird? Das kann nur eine noch genauere Zergliederung entscheiden.

Nach den Erfahrungen, die wir über die Diffusion besitzen, wird es nicht gleichgiltig sein, wie lange die ergossene Flüssigkeit an der Stelle verweilt, die sie zuerst einnahm; je länger sie dort bleibt, um so langsamer wird die diffusive Ausgleichung von Statten gehn. Von diesem Gesichtspunkt aus ist es belangreich zu sehen, daß die Spannbarkeit der Lymphwurzeln nicht allein von Organ zu Organ, sondern daß auch andere Umstände wechseln, die auf die Entfernung der abgeschiedenen Flüssigkeit verschieden einwirken. Aus dem Vielen, was hier bedeutungsvoll ist, hebe ich nur den Darm und die Niere hervor. Am Darm umgiebt ein Muskel die Lymphwurzeln selbst, der, wenn er sich zusammenzieht, sogleich den ganzen Inhalt derselben auspreßt. Ganz anders an der Niere; ihr Lymphraum ist den Einwirkungen der Muskeln gar nicht ausgesetzt, und der Harn erst dann, wenn er die Papillen verlassen. So lange also der letztere in der Niere bleibt, ist seine Bewegung und sein Widerstand nur unter dem Einfluß der elastischen und hydraulischen Kräfte, und nur der Widerstand des Harns wird durch die Muskeln beseitigt, welcher ihm außerhalb der Niere entgegentritt. Wie muß schon dieser einzige Umstand die Diffusion in Darm und Niere verschieden machen.

Ich habe so eben die Niere berührt; sie soll uns noch einen Augenblick festhalten; sie ist dem Freunde des Blutdrucks vor allem theuer. Durch die eigenthümliche Gestaltung ihrer Blutgefäße, der Harnkanäle und Lymphräume, welche vielfach verschlungen sämmtlich in einer elastischen Kapsel eingeschlossen sind, stellt sie eine hydraulische Presse vor, welche Harn und Lymphe aus dem Blute abscheidet. Erfahrungsgemäß wahrt ihre Arbeit nur so lange die chemischen Vortheile des Organismus als der Druck des Blutes von der Arterie bis zur Vene nach einem bestimmten Gesetze abnimmt und als der Unterschied des Drucks zwischen Blut, Harn und Lymphe gewisse Grenzen innehält. — Um dieses zu vollführen, senken sich die kleinsten Fäden des Blutstroms sogleich nach dessen Eintritt in die Niere in das Innere der Harnkanäle und durchfließen ein Bett, das jedes Strömchen zwingt, den größten Theil seiner dort noch beträchtlichen Kräfte in den Druck umzuwandeln, welcher den ersten Beitrag zur Bildung des Harns liefert. — Nachdem das Blut den Binnenraum des Harnkanals verlassen, geht ein Theil desselben durch die Lymphwurzeln, welche zwischen den Harnkanälen liegen, in die abziehenden Venen, ein anderer aber dringt zunächst in das feste Mark, und umstrickt mit langen Geflechten die feinen Schleifen der Harnkanäle. Schrillt nun aus irgend welchem Grund in einem der beiden Röhrenwerke Druck und Durchmesser, so staut sich auch in dem anderen der Strom, und damit ist am Beginn des Systems, an der Presse des Harns, der alte Stand des Druckunterschiedes wieder hergestellt.

Wir vermuthen, daß noch über die Selbststeuerung hinaus jene Einrichtung das Verhältniß bestimmt, in welchem das Wasser und die festen Bestandtheile des Harns zu einander stehen. Bestätigt sich dieses, so darf das Mark der Niere beim Säugethiere des Meers und der Wüste nicht übereinstimmen; denn das eine muß das Wasser reichlich entlassen, das andere muß es sparen.

Harn- und Blutgefäße sind von Lymphräumen umgeben; jedesmal, wenn Harn und Blut sich stauen, und zwar in dem Maße, in dem dies geschieht, füllt sich auch der Lymphraum mit Flüssigkeit, die Nierenkapsel spannt sich an und der Druck, welcher vorher den Harn entstehen ließ, erzeugt nun einen reichlichen Strom von Lymphe.

In den Organen, die bisher vorgeführt wurden, konnte das Blut seine Druckkräfte frei entfalten. Anderen ist zwar viel und oft erneuertes Blut nöthig, aber sie müssen sorgfältig vor dem Druck des Stromes geschützt sein. Zu ihnen zählt z. B. die Brutstätte der Samenfäden, der Hoden. Seiner Lage entsprechend, lastet auf ihm ohnedies bei aufrechtem Rumpfe ein fast meterhoher Wasserdruck. Fügte sich hierzu noch der volle Herzdruck, so würde daraus ein Werth erwachsen, welcher mehr als genügen müßte, um innerhalb der starken Kapselhaut die zarten Samenkanälchen an jeder auch nur einmal leer gewordenen Stelle dauernd zuzudrücken. Die fortdauernde Entwickelung jener Fäden, die selbst beim Stehen fühlbare Weichheit des Organes belehrt uns, daß jeder bedeutende Druck ihm fehlt, und die anatomische Forschung läßt sogleich den Grund davon einsehen. Vermöge des schiefen Verlaufs der Arterien durch die Kapsel wird mit der steigenden Spannung der sehnigen Hodenhaut der Zufluß des Blutes in das Innere der Hodenhöhle gehemmt und wegen der senkrechten Bohrung der Venen und Lymphgefäße wird dann umgekehrt der Abfluß von Blut und Lymphe begünstigt. Auf dasselbe Ziel hin sind auch die anatomischen Verhältnisse in den Gefäßen des Samenstrangs gerichtet. Dort ist die Anordnung der Gefäße so beschaffen, daß die Venenöffnungen sich um so weiter lichten, je machtvoller der Druck in der Arterie wirkt; also mindert sich auch hier der Widerstand in den Abflußwegen, wenn sich der Zufluß zu mehren trachtet.

Der Druck des Blutes giebt, wenn man so will, auch über die Folge der Aeste am Gefäßbaum Aufklärung; mindestens enthält er

eine der Bedingungen, warum die einzelnen Organe mit Vortheil gerade an dem Ort in das Gefäßsystem eingeschaltet sind, an dem sie sich nun einmal befinden. Die Betrachtung, zu der ich nun übergehe, gilt jedoch nur für die Organe, welche zu allen Zeiten von einem mächtigen Strome durchsetzt werden. Bekanntlich wird eine große Anzahl von Körpertheilen, namentlich unter Umständen die Cutis, ebenso die Skeletmuskeln und die Speicheldrüsen, so lange sie ruhen, nur von einem geringfügigen Strom durchflossen, der sich erst in dem Augenblicke zu einer mächtigen Fluth umgestaltet, in welchem die erstere sich erhitzt oder friert, die letzteren sich zusammenziehen oder absondern. Diese Ebbe und Fluth verdanken sie einer starken Muskellage, die in den Wandungen ihrer Gefäße, bald erschlafft und bald energisch zusammengezogen, eingebettet ist. Bei diesen Körpertheilen kommt darum weniger die Lage, als das Verhalten ihrer Gefäßmuskeln in Betracht, und sie können unbeschadet ihrer vom Blute abhängigen Functionen auf die mannigfaltigste Weise durch den thierischen Körper vertheilt sein. Dieses aber ist nur möglich, weil ihre physiologischen Leistungen weniger von dem Druck, mehr aber von der Geschwindigkeit des Blutes abhängen. Man beachte nur, daß das strömende Blut in den Capillaren der Haut, der Muskeln und der Speicheldrüsen vorzugsweise seine Temperatur und seinen Gasgehalt ändert. In jenen Organen sind also Stoffe und Bewegungen ausgetauscht worden, welche die Kräfte ihrer Weiterverbreitung gar nicht aus dem Herzen beziehen; sie tragen sie in sich selbst. Der Strom ist nur das Mittel, um die Massen, an denen die eigenthümliche Bewegung der Wärme haftet, oder die Atomgruppen, deren Zwischenräume mit gespannten Gasarten erfüllt sind, an jene Orte zu tragen, und es ist allen Lebensbedingungen genügt, wenn der Wechsel des Blutes rasch genug ist, um die Ausgleichung des Unterschiedes in den Temperaturen und Gasspannungen zu ermöglichen.

Obwohl nun die Wärme und Gasbewegung nirgends fehlt, so tritt doch an gewissen Orten noch ein Weiteres hinzu, und dieses gilt namentlich für das Hirn, die Niere, den Darmkanal, die Leber und die Lunge. Erwägt man, wie sich zu ihnen der Blutdruck stellt, so kann man sie in solche scheiden, in welchen der ganze Herzdruck zur Entfaltung kommt und auch verbraucht wird, in solche, in welchen der ganze Herzdruck wirkt, aber nicht vollkommen verbraucht wird, und endlich in solche, in welchen von vorneherein nur ein Theil des Herzdruckes auftritt. Zu der ersteren Gattung gehören Hirn und Nieren. In beide bringen starke und kurze Arterien und beide entleeren ihr Blut unmittelbar in den Brustkasten, wo bekanntlich der Druck unterhalb den der Luft herabsinkt. Wir sahen schon, welche Arbeiten der Blutdruck an diesen Orten ausführt. In die Darmwand wirkt nun ebenfalls das Herz mit voller Gewalt, aber an das venöse Ende des Darmstromes ist die Leber eingesetzt, so daß die Kraft, welche zur Ueberwindung des Widerstandes in dieser nothwendig ist, dem Darme abgeht. Es ist wesentlich, hervorzuheben, daß der Widerstand, den die Leber bietet, sich merklich ändern kann. Denn in den Raum des genannten Organs theilen sich mit den Blutgefäßen noch die Leberzellen, Lymphröhren, Gallengänge; je nach dem Schwellungsgrad dieser drei letzteren Gebilde wird auch der Raum für den Blutstrom ungleich beengt sein. Nun zeigen uns bekannte Erfahrungen, daß sich in typischer Weise und zwar wie es scheint fast gleichzeitig die Bildung der Galle, der Lymphe und des Amyloïdes erhöhen; somit wird dieses auch der Widerstand erfahren, der auf dem Inhalt der Pfortader lastet. Unter allen Umständen wird also das Blut des Darms mit einer entsprechenden Spannung behaftet sein, die wegen der Nachgiebigkeit in der Wand der Gefäße zu einer dauernden Ausdehnung ihrer Lichtung führen muß, ein Umstand, welcher der Resorption zu Gute kommt, und der dem Blut gestattet, sich mit

der Wärme des Unterleibs zu sättigen. Aber es ist zugleich ersichtlich, daß der veränderte Füllungsgrad in den Gefäßen des Darms sich über die Grenzen des letztern hinauserstreckt. Bei der beschränkten Masse von Flüssigkeit, welche im Blutstrom kreist, kann es nicht anders sein, als daß allen übrigen Organen genau in dem Maße das Blut entzogen wird, in dem es sich im Darm anhäuft. Der variable Widerstand der Pfortader beeinflußt darum auch die Vertheilung des Blutes durch den ganzen Körper. An der Befähigung der Leber und des Darms, diesen Erfolg zu bewirken, kann man darum keinen Augenblick zweifeln, weil man ihn stets künstlich hervorrufen kann. Schnürt man mittelst eines umgelegten Fadens die Pfortader zusammen, so wird nach kurzer Zeit der übrige Körper blutleer, und setzt man den Versuch fort, so erfolgt der Tod durch Hirnanämie. Die Darmgefäße gewähren also eine genügende Räumlichkeit, um unter günstigen Umständen fast die ganze Blutmenge aufzunehmen.

Die Kräfte des Venenblutes, welches in die Leber einströmt, sind geschwächt durch die Reibung, welche das letztere beim Durchgang durch die Darmwand erlitten hat. Schon aus diesem Grunde wird das Blut in der Leber keine hohe Spannung erreichen. Hiezu kommt, daß sich der Strom um die Leberzellen ungemein weit ausbreitet und daß es durch die kurzen Lebervenen unmittelbar in den Brustkasten übertritt. Dieß Alles zeigt, daß zur Absonderung der Flüssigkeit, aus welcher die Galle und das Amyloïd entstehen, kein Druck nothwendig ist, wohl aber muß er bei der Bildung der Lymphe hilfreich sein, und so sehen wir denn auch in der That, daß die Lymphwurzeln der Leber von Capillaren durchzogen werden, welche der Arterie ihr Blut verdanken.

Eine besondere Stellung erhielt das Athmungsorgan bei den Warmblütern. Sein Blutstrom macht keinen Bruchtheil des Körperkreislaufs wie bei den Amphibien aus, und er geht auch nicht wie

bei den Fischen aus dem Körperherzen hervor. Das große Bedürfniß nach Sauerstoff, welches die Eigenwärme, die Empfindlichkeit der Nerven und die Arbeitskraft der Muskeln erfordern, verlangte eine mächtige Ausbreitung des Stroms. Durch eine dünne Gefäßwand mußte der Uebergang der Gase erleichtert werden, die nun aber nur dann eingeführt werden konnte, wenn das Lungenblut unter niedrigem Druck strömte. Allen diesen Anforderungen genügen die Einrichtungen, die dem Lungenstrom an seinem Beginn und auf seinem Verlauf ertheilt wurden. Wie weitaus anders sind die Bedingungen in den entsprechenden Werkzeugen der Fische geordnet! Hier nehmen die Capillaren der Kiemen den ganzen Druck der Herzkraft auf, und mit dem Reste, der von jener Kraft in den Kiemenvenen übrig bleibt, muß noch die ganze übrige Arbeit des Druckes bestritten, muß die druckbedürftige Niere versorgt werden. Ich widerstehe nur schwer der Versuchung, an diesem hervorragenden Beispiele zu erläutern, welchen Antheil der Blutdruck an der Organisation der verschiedenen Thierklassen nimmt, und umgekehrt, wie andere Bedingungen der thierischen Existenz auf die Vertheilung des Blutdrucks zurückwirken.

Mit den Erörterungen, die ich bisher anstellte, sind nun aber weitaus noch nicht die Umstände erschöpft, welche dem Blutdruck einen veränderlichen Werth ertheilen. So sind u. A. die hemmenden Wirkungen noch gar nicht beachtet, die den Blutscheiben zukommen. Mannigfache Umstände, die theils mit der Geschwindigkeit des Stroms, also den Herzkräften und dem anatomischen Bau der Gefäße zusammenhängen, die aber theils durch die Glätte der Gefäßwand, durch den Gasgehalt der Scheiben, die chemische Zusammensetzung der Blutflüssigkeit bedingt sind, bewirken eine sehr verschiedene Vertheilung derselben durch den Blutstrom. Mit diesen Umständen sind nun Bedingungen in den Strom eingeführt, welche vollkommen aus dem Kreis der Betrachtungen fallen, wie

sie die unorganische Hydraulik anzustellen pflegt. Daher kommt es, daß der Kreislauf des Blutes eine ganze Reihe von Vorkommnissen bietet, welche scheinbar den hydraulischen Gesetzen widersprechen. Doch die Zeit drängt, und so kann ich auch dieses hier nur andeuten.

Ein Vorgang, der sich in so zahlreiche Funktionen des Lebens einmischt und so verschiedene Werthe annimmt, wird begreiflich auch eben so häufige als intensive Störungen in der normalen Existenz veranlassen. In der That ist den Pathologen bekannt genug, daß die ungewöhnlichen Aenderungen des Blutdrucks die Gesundheit vielfach stören. Darum fordert die leidende Menschheit, daß auch die Aerzte die hydraulischen Bedingungen auf das genaueste erörtern. — Wenn dieses geschehen, so wird sich die Diagnose freilich nicht mehr auf die Angabe beschränken, es sei ein Organ entzündet, angeschoppt oder infiltrirt, sondern sie wird zu bestimmen trachten, in welcher Bahn der Strom beschleunigt oder verlangsamt, geschwellt oder gesunken sei, und welche Widerstände in den Haupt- und Nebenbahnen kamen oder verschwanden, damit die Abweichung erscheinen konnte. Hiermit wäre die hydraulische Diagnose zu Ende, aber noch lange nicht die ärztliche. Denn sie soll der Heilkunst eine Grundlage schaffen und diese wird nicht häufig durch die Erkenntniß der hydraulischen Abweichungen gegeben sein, denn wir können nur selten die einfachen Mittel anwenden, wie sie dem Hydrotechniker zu Gebote stehen. Der Arzt kann statt der verödeten keine neuen Röhren legen, er kann keine neuen Quellen graben, oder die Umgebung der Gefäße beliebig ändern, er muß jedes Stück an seinem Orte wieder aufbessern. Seine Diagnose hat darum noch einen weitern Schritt zu thun. Ihm thut es noth zu erfahren, welches Gift oder welcher Schaden es war, der die Nerven und Muskeln der Gefäße lähmte oder reizte, was den Blutscheiben ihre Glätte, der Wand ihre Elasticität und Festigkeit nahm. Alles dieses

liegt, so scheint es, weit ab von der physiologischen Hydraulik; was also soll sie dem Arzte? Die hydraulische Diagnose ist die Grundlage jeder anderen, und der Arzt, der über sie hinausgeht, wird seinen Weg nicht einsam finden. Schon früher hat die Physiologie zum Vortheil ihrer hydraulischen Studien ihren Gesichtskreis über den Strom hinaus erweitert; denn hat sie nicht die Nerven und Muskeln der Gefäße entdeckt und die Bedingungen ihres lebendigen Wesens untersucht? hat sie nicht die Eigenschaften der Blutscheiben und ihre Veränderungen durch Kälte und Wärme, durch Aether, Säuren und Gase, durch den elektrischen Strom untersucht? hat sie nicht der Herzbewegung, kurz alle dem ihre Aufmerksamkeit zugewendet, was auch dem Arzte zu wissen nöthig? Freilich hat der Gesundheitslehrer zu anderen Zwecken seine Versuche unternommen, als sie dem Pathologen vorschweben; jener will den Organtheil ändern, um durch die Variation der Bedingungen seinen Antheil am Gesammtleben zu erkennen, dieser will das geänderte Stück zur Norm zurückführen. Aber was auch die Absicht ist, in welcher der Arzt und der Forscher ihren Weg verfolgen, er führt beide ein langes Stück zusammen und beide können vereint das gemeinsame Hinderniß wegräumen. Darum hoffen wir, daß die Verbindung, wie sie heute besteht, eine segensreiche bleiben soll. Und wird uns beiden, dem Kliniker und dem Physiologen, die Arbeit zu viel, so werden unsre einsichtigen Leiter der Studien nicht mit den Mitteln sparen, sie werden uns noch die fehlenden Kräfte schaffen, die helfend und verbindend zwischen die Klinik und das physiologische Laboratorium eintreten. In diesem Sinne begrüße ich mit freudigem Dank den hochsinnigen Entschluß unserer höchsten Gewalten, mit dem physiologischen Institut ein anderes zu gründen, das der experimentirenden Pathologie gewidmet ist.

---

Druck von Otto Wigand in Leipzig.